

Если в течение всего периода охлаждения воды будет отсутствовать поступление тепловой энергии в ТА, то он способен разрядиться до $T_b = 10^\circ\text{C}$. При $K_{2F} = 30 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ время разрядки варьируется от 6.5 до 3.5 суток в зависимости от значения K_{2L} , меняющегося соответственно от 30 до 70 $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ (рис. 1).

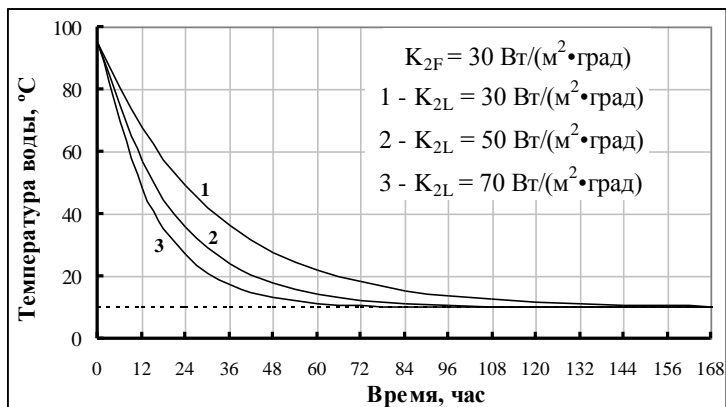


рис. 1 Зависимость температуры воды теплового аккумулятора цилиндрической формы от времени

Выводы: получена математическая модель водяного аккумулятора тепла цилиндрической формы, позволяющая прогнозировать изменение температуры воды аккумулятора во времени в зависимости от его геометрических и теплотехнических характеристик.

Список публикаций:

[1] Бежан А. В. // Труды КНЦ РАН. Серия Энергетика. Выпуск 13. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН. 2016. № 5. С.55-62.

Моделирование влияния вращения на процессы в реакторе газовой фазной технологии

Гичёва Наталья Ивановна

Дьяков Егор Андреевич

Томский государственный университет

Шваб Александр Вениаминович, д.ф.-м.н.

tashka-zenit@mail.ru

Развитие промышленности требует высокого качества используемых материалов. Большой интерес в различных областях индустрии представляют устойчивые к деформации, коррозии, высоким температурам тугоплавкие металлы. Одним из наиболее востребованных тугоплавких металлов является вольфрам. Оптимальным и перспективным методом его получения является химическое осаждение из парогазовой фазы путём восстановления гексафторида вольфрама водородом.

В работе представлено численное моделирование гидродинамики и тепломассопереноса жидкости в вихревой камере химического реактора смешения непрерывного действия для получения тугоплавких металлов с целью отслеживания влияния вращения потока, используемого для получения равномерного слоя вещества на подложке. Реактор имеет цилиндрическую форму, выпуск газов осуществляется через трубу на оси вихревой камеры, а выпуск — через кольцевой канал на периферии камеры. Верхняя и нижняя стенка вихревой камеры могут вращаться. Нижняя стенка нагревается, остальные — теплоизолированы. Описанные процессы могут быть математически формализованы с помощью уравнений Навье-Стокса, неразрывности, переноса тепла и массы:

$$\frac{\partial u_r}{\partial t} + \frac{\partial(u_r^2)}{\partial r} + \frac{\partial(u_z u_r)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial r} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{\partial^2 u_r}{\partial z^2} - \frac{u_r}{r^2} \right) + \frac{u_\varphi^2}{r} - \frac{u_z^2}{r}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_z}{\partial t} + \frac{\partial(u_r u_z)}{\partial r} + \frac{\partial(u_z^2)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 u_z}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} \right) - \frac{u_r u_z}{r} + \frac{Gr}{Re^2} \theta; \quad (2)$$

$$\frac{\partial u_\varphi}{\partial t} + \frac{\partial(u_r u_\varphi)}{\partial r} + \frac{\partial(u_z u_\varphi)}{\partial z} = -\frac{2u_r u_\varphi}{r} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 u_\varphi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} + \frac{\partial^2 u_\varphi}{\partial z^2} - \frac{u_\varphi}{r^2} \right); \quad (3)$$

$$\frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{\partial u_z}{\partial z} + \frac{u_r}{r} = 0; \quad (4)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + \frac{\partial(u_r \theta)}{\partial r} + \frac{\partial(u_z \theta)}{\partial z} = \frac{1}{Re \cdot Pr} \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta}{\partial r} \right) - \frac{u_r \theta}{r}. \quad (5)$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial(u_r c)}{\partial r} + \frac{\partial(u_z c)}{\partial z} = \frac{1}{Re \cdot Pr_D} \left(\frac{\partial^2 c}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial c}{\partial r} \right) - \frac{u_r c}{r}. \quad (6)$$

Численное решение проводилось с использованием неявной обобщённой схемы переменных направлений в Δ -форме. Достоверность расчётов подтверждена сопоставлением различных способов решения, а также сравнением с известными аналитическими решениями. Получены распределения полей скорости, температуры, концентрации в вихревой камере, рассчитанные при различных значениях параметра закрутки – критерия Россби Rw . Результаты свидетельствуют о существенном влиянии закрутки на гидродинамику потока; показано выравнивание полей распределения температуры и концентрации при закручивании потока, что имеет большую практическую значимость для получения равномерных покрытий на подложке (рис. 1).

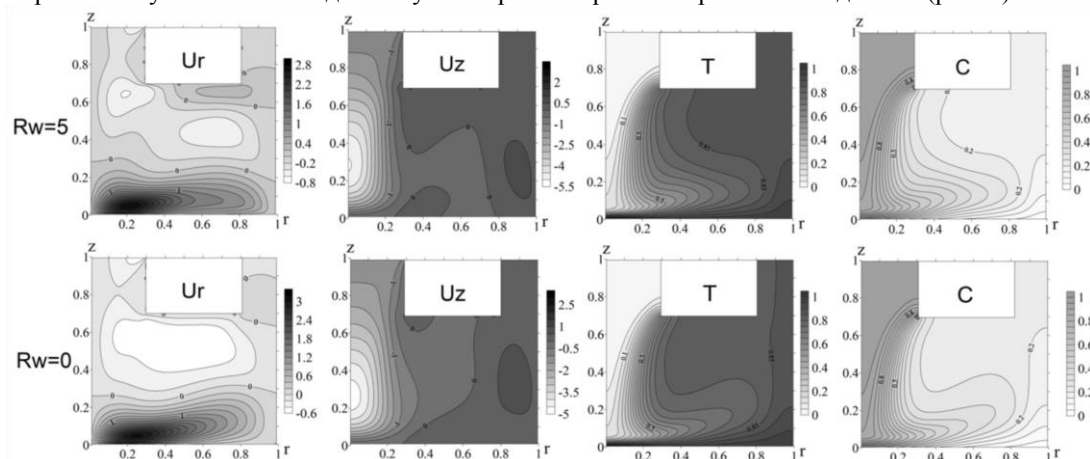


рис. 1. Влияние закрутки течения на его характеристики: радиальная составляющая скорости, аксиальная составляющая скорости, температура, концентрация

Решение начально-краевых задач для уравнения теплопроводности методом интегральных уравнений

Глухов Андрей Юрьевич

Афанасьев Анатолий Михайлович

Волгоградский государственный университет

Сипливый Борис Николаевич, д.т.н.

aglukhov@live.ru

При численном исследовании процессов удаления влаги из влагосодержащих материалов электромагнитным излучением возникает необходимость решения начально-краевых задач для уравнения теплопроводности при различных краевых условиях первого, второго и третьего рода в области произвольной формы. Для некоторых тел канонической геометрии удастся получить аналитическое решение [1]. Для областей произвольной формы предлагается численный алгоритм, основанный на использовании функции Грина оператора Лапласа.

Рассмотрим начально-краевую задачу:

$$\begin{cases} \Delta T - \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial t} = f, \\ T(M, 0) = \psi(M), M \in V, \\ \alpha T(M, t) + \beta \frac{\partial T}{\partial n}(M, t) \Big|_{M \in S} = \varphi(M, t). \end{cases} \quad (1)$$

Здесь V – область решения, S – поверхность, ограничивающая V , удовлетворяющая условиям Ляпунова, n – внешняя к S нормаль.

Если известна функция Грина $G(M, N)$ оператора Лапласа для одного из перечисленных краевых условий, то искомое решение представимо в виде [2] (для граничных условий первого рода $\alpha=1$, $\beta=0$):